

# АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ, ФАЗОВЫХ И МАГНИТНЫХ ПЕРЕХОДОВ В СПЛАВАХ НА Fe-Cr-Ni ОСНОВЕ

Шарапова В.А.<sup>1</sup>, Горулева Л.С.<sup>2</sup>, Кабакова А.А.<sup>1</sup>,  
Храмцова К.Д.<sup>1</sup>, Туева Е.А.<sup>2</sup>

*Руководитель – доц., к.т.н. Мальцева Т.В.*

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,

<sup>2</sup> Институт машиноведения УрО РАН г. Екатеринбург, Россия

mla44@mail.ru

Изучение структурных и фазовых превращений, происходящих в новых разработанных сплавах на Fe-Cr-Ni основе, а также изучение физических и механических свойств таких материалов дает возможность влиять на их свойства, что является необходимым условием при разработке технологий. Для исследования были выбраны практически безуглеродистые высоколегированные стали на Fe-Cr-Ni основе с дополнительным легированием Mo, Co, Ti и Al при некотором варьировании их количественного содержания. Структуру изучали световой микроскопией, а также методом рентгеноструктурного фазового анализа (РСФА). Механические свойства ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0.2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , КСЧ), удельное электросопротивление ( $\rho$ ) измеряли по стандартной методике, а магнитные свойства ( $H_c$ ,  $B_r$ ,  $\mu_{max}$ ) измеряли в магнитно-измерительном комплексе по схеме пермеамметра на предварительно продеформированных образцах с различными степенями обжатия и на цилиндрических образцах, подвергнутых растяжению при комнатной температуре со скоростью перемещения активного захвата 2мм/мин. По достижению определенной деформации процесс нагружения приостанавливали и регистрировали петли магнитного гистерезиса in-situ в замкнутой магнитной цепи.

Растяжение образца в магнитно-измерительном комплексе в некоторой степени имитирует операцию холодного волочения заготовки, поскольку и в том и в другом случае наблюдается деформация растяжением вдоль одной оси и две деформации сжатия в ортогональных осях.

Фазовые переходы изучали при непрерывном нагреве и охлаждении калориметрическим (ДСК) и дилатометрическим методами. Все исследуемые стали в закаленном состоянии относятся к аустенитному классу и обладают высокой пластичностью, вязкостью и низкой прочностью (табл. 1). Микроструктурные исследования, проведенные на закаленных от 1000 °С образцах всех исследованных сталей показали, что структура аустенита, содержит зерна полиэдрической формы с большим числом двойников отжига. Фазовый рентгеноструктурный анализ подтверждает, что после закалки от 1000 °С основной фазой является аустенит. Однако в зависимости от особенностей легирования в структуре

сталей присутствует от 0 до 15 %  $\delta$ -феррита, а в некоторых плавках и небольшое количество  $\sigma$ -фазы. На кривых ДСК всех исследуемых закаленных сталей аустенитного класса при нагреве выше 840 °С наблюдается экзотермический пик, связанный по-видимому, с выделением высокотемпературной фазы  $\sigma$ -фазы, а появление при температуре 945 °С эндотермического пика обусловлено ее растворением. Однако количество выделяющейся высокотемпературной интерметаллидной фазы невелико и влияние ее на механические свойства закаленной стали незначительно.

Таблица 1.

№ плавки	Фазовый состав, %		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{\text{я}}$ , МПа	$\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{я}}$	$\delta_{\text{ц}}$ , %	$\delta$ , %	$\psi$ , %	HR A	KCU, МДж/м <sup>2</sup>	
	$\alpha$	$\gamma$								20°С	-196°С
4	-	100	400	615	0,64	42	51	76	45	2,26	1,79
5	10	90	340	580	0,59	41	53	78	46	2,58	1,80
8	5	95	280	560	0,50	48	60	83	38	3,69	1,93
11	2	98	240	520	0,45	47	64	86	41		

Фазовые превращения, происходящие в сплавах при пластической деформации, оказывают существенное влияние на все характеристики и механические свойства. В метастабильных аустенитных сталях, в которых при проведении холодной пластической деформации возможно развитие  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращений, наблюдается повышение прочностных при сохранении пластических свойств (до  $e = 2,32$ ) сопровождающееся увеличением магнитных свойств  $B_r$ ,  $\mu_{\text{max}}$ . Причем, чем выше степень холодной пластической деформации, тем больше количество магнитной фазы. Максимальное количество магнитной фазы  $\sim 100\%$  было зафиксировано в плавке 4 при деформации  $e \geq 4$ , однако столь высокие степени обжатия приводят уже к падению пластических свойств. Наблюдается закономерное уменьшение  $\rho$  с увеличением степени холодной пластической деформации волочением. Коэрцитивная сила носит более сложный характер и изменяется по кривой с максимумом.

Проведенное исследование механических и физических свойств новых аустенитных сталей показало, что дисперсионное твердение аустенита протекает с выделением высокотемпературных интерметаллидных фаз достаточно вяло. Аустенит изучаемых сталей является деформационно-метастабильным разной степени стабильности по отношению к деформации в зависимости от состава сплава.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-4474.2009.8) и программы «У.М.Н.И.К.».